

Odnawialne źródła energii i niskoemisyjny wodór (H_2 produkowany bez emisji dwutlenku węgla) są uważane za filary transformacji energetyki i przemysłu w kierunku neutralnej dla klimatu gospodarki. Pośród wielu rozwiązań, stałotlenkowe ogniwa (SOC) wydają się być bardzo obiecującym rozwiązaniem, gdyż mogą być wykorzystywane jako wysokowydajny generator energii elektrycznej i ciepła w trybie ogniwa paliwowego (SOFC), niskoemisyjny generator wodoru w trybie elektrolizera (SOE) lub jako magazyny energii (działanie odwracalne, przełączanie pomiędzy SOFC i SOE). Co więcej, ogniwa stałotlenkowe mogą w wysoce wydajny sposób zagospodarować CO_2 , podczas pracy w trybie ko-elektrolizy (co-SOE), w którym zachodzi jednoczesna elektroliza pary wodnej i CO_2 , w wyniku czego wytwarzany jest syngaz ($CO + H_2$). Uzyskany syngaz może być wykorzystany do produkcji paliw syntetycznych lub w innych procesach chemicznych. Warto wspomnieć, że w określonych warunkach pracy co-SOE możliwa jest również bezpośrednia produkcja metanu.

Głównym wyzwaniem we wdrażaniu instalacji co-SOE jest żywotność ogniwa. Ogniwa *state-of-the-art* mogą uzyskać wysoką wydajność, znacznie lepszą w porównaniu z rozwiązaniami niskotemperaturowymi dostępnymi na rynku, jednak ich żywotność jest ograniczona. Spadek wydajności SOC jest spowodowany głównie procesami degradacji zachodzącymi na elektrodzie paliwowej, takimi jak rozrost ziaren, aglomeracja, ponowne utlenianie niklu i osadzanie się węgla. W związku z tym celem projektu jest opracowanie wysokowydajnej elektrody paliwowej dostosowanej do stabilnej pracy w trybie ko-elektrolizy. Ponadto, celem projektu jest dokładne wyjaśnienie zasad i procesów elektrochemicznych zachodzących podczas procesu ko-elektrolizy w oparciu o interdyscyplinarne podejście bazujące na badaniach podstawowych. Połączenie badań eksperymentalnych i modelowania numerycznego zostanie wykorzystane do weryfikacji hipotez projektu. W celu zwiększenia wydajności i trwałości ogniwa SOC w ko-elektrolizie, aktywność katalityczna elektrody paliwowej zostanie zmodyfikowana poprzez impregnację powierzchni elektrody materiałami aktywnymi katalitycznie i/lub poprzez dodanie tlenków MIEC (o mieszanym jonowo-elektronowym przewodnictwie elektrycznym) do warstwy funkcjonalnej elektrody paliwowej na bazie Ni-8YSZ. Zawiesina lub roztwór zawierający Ce z dodatkiem metali alkalicznych (Ca, Ba, Sr) i/lub metali 3d (Fe, Cu, Mo i/lub Co) zostaną wykorzystane do modyfikacji powierzchni poprzez impregnację, podczas gdy wybrane perowskity na bazie Ti z grupy $La_{1-x}Sr_xTi_{1-y}(Fe,Ni)_yO_{3-\delta}$ (gdzie $0,2 \leq x \leq 0,6$; $0,05 \leq y \leq 0,4$) lub perowskit protonowo-przewodzący na bazie Ce (tj. z grupy $BaCe(Zr,Y,Yb)O_{3-\delta}$) zostaną wprowadzone do katodowej warstwy funkcjonalnej. Dodatkowo, w ramach projektu opracowany zostanie uogólniony model SOC ze zmodyfikowanym składem i powierzchnią elektrody paliwowej pracującej w trybie ko-elektrolizy CO_2 i H_2O . Sformułowane w projekcie hipotezy zostaną zweryfikowane poprzez zastosowanie kombinacji badań eksperymentalnych i numerycznych, a także przeprowadzoną następnie analizę statystyczną uzyskanych danych i ich interpretację. Metodologia badań obejmuje zaawansowane metody wytwarzania SOC, techniki charakteryzacji elektrochemicznej, analizę post mortem oraz badania numeryczne – wykorzystane zostaną techniki matematyczne do modelowania obliczeniowej dynamiki płynów (CFD) z uwzględnieniem procesów elektrochemicznych, które dostarczą danych niemożliwych do zmierzenia w badaniach eksperymentalnych. W projekcie wykorzystany zostanie dedykowany sprzęt do pomiaru krzywych prądowo-napięciowych i pomiarów EIS oraz precyzyjnego dostarczania gazów wlotowych. Ponadto, w projekcie zaplanowana jest międzynarodowa współpraca z jedną z wiodących grup w tej dziedzinie – zespołem prof. Rak-Hyun Song z Korean Institute of Energy Research.

Niniejszy projekt przyczyni się do szczegółowej analizy technik i podejść stosowanych w celu zrozumienia mechanizmów zachodzących podczas ko-elektrolizy oraz optymalizacji wydajności i żywotności ogniwa stałotlenkowego w trybie co-SOE. Pomyślne zakończenie projektu znacząco przyczyni się do lepszego zrozumienia wysokotemperaturowych procesów elektrochemicznych zachodzących w trybie ko-elektrolizy. Wyniki projektu będą miały bezpośredni wpływ na rozwój elektrochemii ciała stałego dla zastosowań w energetyce, przetwórstwie chemicznym oraz na rozwój materiałoznawstwa i inżynierii materiałowej. W dłuższej perspektywie realizacja projektu będzie promować wykorzystanie technologii bazujących na zjawiskach elektrochemicznych jako narzędzi do dekarbonizacji przemysłu, a ko-elektroliza pary wodnej i dwutlenku węgla będzie odgrywać znaczącą rolę w systemach Power-to-X.